

**Avaliação de taxas de predação e de resposta funcional de
Dicyphus cerastii Wagner (Hemiptera: Miridae) sobre
pragas de hortícolas protegidas**

Susana Filipa Lucas Ramos

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica – Proteção de Plantas

Orientador: Professora Doutora Elisabete Tavares Lacerda de Figueiredo Oliveira

Júri:

Presidente:

Doutor Joaquim Miguel Rangel da Cunha Costa, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais:

Doutor António Maria Marques Mexia, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutora Elisabete Tavares Lacerda de Figueiredo Oliveira, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, orientadora.

2020

Agradecimentos

À minha orientadora Professora Elisabete Figueiredo, pelo apoio e disponibilidade ao longo deste trabalho.

Ao Engenheiro Gonçalo Duarte, pela simpatia, paciência, companhia e disponibilidade ao longo de todos estes meses.

À Professora Fernanda Valente, pela extraordinária amabilidade e disponibilidade.

À Dona Teresa e ao André Garcia, pela ajuda prestada nas criações.

À Filipa Caldas, pela companhia e pela ajuda na preparação dos ensaios.

A todos os meus amigos, por acreditarem em mim e pela sua amizade, em especial, à minha colega e amiga, Ana Patrícia, pelas visitas ao insetário ao longo deste trabalho e por me ter aturado nestes 2 anos.

E por último, mas não menos importante, à minha família, pelo apoio que me tem dado durante toda a vida, em especial, à minha mãe que, apesar de não saber nada sobre este tema, se disponibilizou a ler o meu trabalho.

Um enorme obrigado a todos.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto Umberto-Eco - PTDC/ASP-PLA/29110/2017 financiado pela FCT através de fundos nacionais.

Resumo

A cultura do tomate é uma das principais culturas hortícolas/horto-industriais em Portugal. Nesta cultura, existe, frequentemente, dificuldade em controlar pragas, como a traça-do-tomateiro e mosquinha branca.

Dicyphus cerastii Wagner é um inseto autóctone que frequentemente coloniza de forma espontânea a cultura do tomateiro, e sabe-se que predadora traça-do-tomateiro e mosquinha branca. No entanto, existe pouco conhecimento em relação a esta espécie de mirídeo.

Esta dissertação procura esclarecer o papel de *D. cerastii* como agente de controlo biológico. Para isso, identificou-se o tipo de resposta funcional e avaliaram-se taxas de predação sobre diferentes presas. A avaliação da resposta funcional e de taxas de predação é importante no caso de se pretender fazer largadas deste inimigo natural.

Foi contabilizada a predação de fêmeas adultas de *D. cerastii* sobre quatro espécies de presa diferentes: traça-do-tomateiro [*Tuta absoluta* (Meyrick)], mosquinha-branca-do-tabaco [*Bemisia tabaci* (Genn.)], afídeo-verde-do-pessegueiro (*Myzus persicae* Sulzer) e traça-da-farinha (*Ephestia kuehniella* Zeller). Para cada presa, foram consideradas modalidades correspondentes a densidades diferentes da presa. Os ensaios decorreram a 25 ± 1 °C, $65 \pm 5\%$ de humidade relativa e 14h de fotoperíodo por um período de 24h.

Dicyphus cerastii apresentou valores médios de consumo elevados e descreveu uma resposta funcional de tipo II sobre todas as espécies-presa. O seu consumo máximo estimado foi de 51 ninfas de *M. persicae*, 222 ovos de *T. absoluta*, 164 ovos de *E. kuehniella* e 112 ninfas de *B. tabaci*. Estes valores são mais elevados que os observados para outras espécies de mirídeos predadores, o que torna *D. cerastii* um agente de controlo biológico potencialmente interessante.

Palavras-chave: *Dicyphus cerastii*, Predação, controlo biológico

Abstract

The tomato crop is one of the main horticultural / processing industry crops in Portugal. In this crop, it is often difficult to control pests such as the South American tomato moth and whiteflies.

Dicyphus cerastii Wagner is an autochthonous insect that frequently and spontaneously colonizes tomato crops, and it is known to prey on the South American tomato moth and whiteflies. However, knowledge about this species is limited yet.

This dissertation seeks to clarify the role of *D. cerastii* as a biological control agent. For this purpose, the type of functional response was identified and predation rates on different prey were evaluated. The assessment of the functional response and predation rates is important in the release of this natural enemy.

The predation by adult females of *D. cerastii* on four different prey species was evaluated: the South American tomato moth [*Tuta absoluta* (Meyrick)], the tobacco whitefly [*Bemisia tabaci* (Genn.)], the green peach aphid (*Myzus persicae* Sulzer) and the Mediterranean flour moth (*Ephestia kuehniella* Zeller). For each prey, modalities corresponding to different densities of the prey were considered. Trials were done at 25 ± 1 °C, $65 \pm 5\%$ relative humidity and 14h of photoperiod, for a period of 24 hours.

Dicyphus cerastii presented high average values of prey consumption and described a type II functional response on all studied prey species. Its estimated maximum consumption was 51 nymphs of *M. persicae*, 222 eggs of *T. absoluta*, 164 eggs of *E. kuehniella* and 112 nymphs of *B. tabaci*. These values are higher than those observed for other species of mirid predators, which makes *D. cerastii* a potential interesting biological control agent.

Keywords: *Dicyphus cerastii*, predation, biological control

Índice

| | |
|--|-----|
| Agradecimentos | ii |
| Resumo | iii |
| Abstract | iv |
| Lista de Quadros | vi |
| Lista de Figuras | vi |
| 1. Introdução | 1 |
| 2. Revisão Bibliográfica | 3 |
| 2.1. <i>Dicyphus cerastii</i> | 3 |
| 2.2. <i>Tuta absoluta</i> | 5 |
| 2.3. <i>Bemisia tabaci</i> | 6 |
| 2.4. <i>Ephestia kuehniella</i> | 7 |
| 2.5. <i>Myzus persicae</i> | 8 |
| 2.6. Taxa de Predação | 8 |
| 2.7. Resposta Funcional | 10 |
| 2.8. Tipos de resposta funcional | 10 |
| 2.8.1 Tipo I | 11 |
| 2.8.2 Tipo II | 11 |
| 2.8.3 Tipo III | 12 |
| 3. Material e Métodos | 15 |
| 3.1. Criação de insetos | 15 |
| 3.1.1 Predador | 15 |
| 3.1.2 Presas | 17 |
| 3.2. Taxa de Predação e Resposta Funcional | 19 |
| 3.1. Análise Estatística | 22 |
| 4. Resultados e Discussão | 23 |
| 5. Conclusão | 29 |
| 6. Referências bibliográficas | 30 |

Lista de Quadros

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Taxas de predação de diversas espécies de mirídeos em função do seu estado de desenvolvimento e da espécie e estado de desenvolvimento da presa (N_x - Ninfas de x instar e VE - Vários estados) | 9 |
| Quadro 2 - Tipos de resposta funcional observado em diversas espécies de artrópodes em função do seu estado de desenvolvimento e da espécie e estado de desenvolvimento da presa (N_x - Ninfas de instar x , L_x - Larva de instar x)..... | 13 |
| Quadro 3 - Número de repetições para cada densidade e para cada espécie de presa | 20 |
| Quadro 4 - Resultados do coeficiente do termo de primeira ordem da regressão logística para a proporção de presas consumidas por fêmeas adultas de <i>Dicyphus cerastii</i> comparado com o número inicial de presas. | 25 |
| Quadro 5 - Taxa de ataque (a) e tempo de manipulação (h) para a resposta funcional (tipo II) de <i>Dicyphus cerastii</i> sobre diferentes espécies-presa. | 25 |
| Quadro 6 - Consumo máximo estimado de <i>Dicyphus cerastii</i> para cada presa testada e seu respectivo estado de desenvolvimento. | 26 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Distribuição geográfica de algumas espécies de <i>Dicyphus</i> na Península Ibérica (adaptado de Sanchez & Cassis, 2018). | 4 |
| Figura 2 - Adultos de <i>Dicyphus cerastii</i> (Sanchez & Cassis, 2018) | 4 |
| Figura 3 - Ciclo de vida de <i>Tuta absoluta</i> . a) ovo; b) larva; c) pupa; d) adulto (original da autora, exceto a fotografia de pupa de Urbaneja et al. (2013)) | 5 |
| Figura 4 - Postura de ovos (original da autora) | 6 |
| Figura 5 - Estados imaturos de <i>B. tabaci</i> (original da autora) | 6 |
| Figura 6 - Ciclo de vida de <i>Ephestia kuehniella</i> . a) adultos; b) ovos; c) larva; d) pupa (Xu, 2010) (Barra = 2 mm) | 7 |
| Figura 7 - Estados de <i>Myzus persicae</i> : a) adulto alado; b) fêmea; c) estados imaturos (originais da autora, exceto a fotografia b de Ramos & Soares (2013)) | 8 |
| Figura 8 - Os três tipos de resposta funcional de Holling (a) Tipo I; b) Tipo II; c) Tipo III) (Krivan, 2008). | 11 |
| Figura 9 - Gaiolas de <i>Dicyphus cerastii</i> (a) ninfas; b) stock; c) estágio (original da autora) | 16 |
| Figura 10 - Copo com folhas de tomateiro (original da autora)..... | 17 |
| Figura 11 - Gaiolas de criação de <i>Tuta absoluta</i> (original da autora)..... | 17 |
| Figura 12 - Gaiola de criação de <i>Bemisia tabaci</i> (original da autora)..... | 18 |
| Figura 13 - Gaiola de criação de <i>Myzus persicae</i> (original da autora)..... | 18 |
| Figura 14 - Adulto em tubo com algodão embebido em água (original da autora) | 19 |
| Figura 15 - Placa com papel de filtro e folíolo de tomateiro com 100 ovos de <i>Tuta absoluta</i> (original da autora)..... | 20 |
| Figura 16 - Presas vivas (laranja) e consumidas (amarelo). a) <i>Bemisia tabaci</i> ; b) <i>Ephestia kuehniella</i> ; c) <i>Myzus persicae</i> ; d) <i>Tuta absoluta</i> (originais da autora e de Gonçalo Duarte). | 21 |
| Figura 17 - Valores médios de consumo (em nº de indivíduos) de <i>Dicyphus cerastii</i> , por densidade de presa para cada presa testada: <i>Tuta absoluta</i> (a), <i>Ephestia kuehniella</i> (b), <i>Bemisia tabaci</i> (c) e <i>Myzus persicae</i> (d). | 23 |
| Figura 18 - Resposta funcional de fêmeas adultas de <i>Dicyphus cerastii</i> sobre: (a) <i>Bemisia tabaci</i> ; (b) <i>Ephestia kuehniella</i> ; (c) <i>Myzus persicae</i> ; (d) <i>Tuta absoluta</i> | 24 |
| Figura 19 - <i>Dicyphus cerastii</i> a predação de larvas de <i>Tuta absoluta</i> (originais de Gonçalo Duarte)..... | 27 |

1. Introdução

Com a intensa utilização de pesticidas, atualmente, existe uma grande preocupação com os efeitos que estes podem ter na saúde e no ambiente. Esta preocupação deve-se, maioritariamente, à presença de resíduos destes produtos nos alimentos de origem vegetal, à poluição que provocam (Parlamento Europeu, 2019) e ao aumento de resistências de pragas a essas substâncias (EPA, 2019). Como tal, torna-se importante a utilização de outros tipos de meios de luta, como a luta biológica.

O uso de inimigos naturais leva à redução da aplicação de produtos fitofarmacêuticos, aumentando a diversidade dos meios de proteção e, consequentemente, diminuindo a poluição, os resíduos e o risco de desenvolvimento de resistências.

Em Portugal continental, em 2014, as culturas protegidas (estufas/abrigos altos) produziram cerca de 14,7% da produção total de culturas hortícolas (INE, 2015).

O tomate é uma cultura hortícola com importância em Portugal, tanto para consumo em fresco como para indústria. Em 2018, houve produção de 104 000 t de tomate para consumo em fresco, tendo sido a cultura hortícola com maior quantidade de produção. No que diz respeito ao tomate para indústria, nesse mesmo ano, houve uma produção de 1 226 828 t (INE, 2019).

Esta cultura tem, como pragas-chave, a mosquinha-branca [*Bemisia tabaci* (Genn.) e *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)] e a traça-do-tomateiro [*Tuta absoluta* (Meyrick)]. Existe, frequentemente, dificuldade em controlar estas pragas. Por esta razão, torna-se importante o uso de inimigos naturais. Desta forma, os agricultores recorrem à largada de mirídeos.

Estes hemípteros predadores generalistas são zoofitófagos, isto significa que, apesar de se alimentarem das várias pragas existentes na cultura, reduzindo, assim, a sua população, poderão eles mesmos tornar-se uma praga, por se alimentarem também de plantas, levando, por vezes, a graves prejuízos.

Em Portugal, apenas algumas espécies de mirídeos são comercializadas para tratamento biológico como *Nesidiocoris tenuis* Reuter e *Macrolophus pygmaeus* Rambur, sendo a primeira, a mais utilizada no país (Martins *et al.*, 2016).

Embora se saiba que *N. tenuis* pode provocar prejuízos elevados na cultura, esta espécie é bastante utilizada pelos agricultores para o combate a *T. absoluta* e a mosquinha-

branca, acabando por se ter, por vezes, de combater o predador quando este começa a causar prejuízos.

Sabe-se que *Dicyphus cerastii* Wagner, cuja população existente em Portugal era, até há pouco, reconhecida como *D. umbertae* (Sanchez & Cassis, 2018), é uma espécie autóctone e, embora possa provocar alguns estragos, estes são menores e economicamente mais toleráveis do que os provocados por *N. tenuis* (Martins *et al.*, 2016). Por isso, deve ser melhor estudado para se saber a sua qualidade como possível agente de controlo biológica.

Existe pouca informação disponível sobre esta espécie na literatura, pelo que na revisão do estado da arte se faz referência ao que se conhece de espécies próximas filogeneticamente.

Com esta dissertação, pretende-se avaliar a taxa de predação desta espécie e a resposta comportamental à variação da densidade da população de quatro presas diferentes (traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta*, mosquinha-branca-do-tabaco, *Bemisia tabaci*, afídeo-verde-do-pessegueiro, *Myzus persicae* Sulzer e traça-da-farinha, *Ephestia kuehniella* Zeller). Estas respostas são importantes para a gestão das populações predador-praga em luta biológica, sobretudo no caso de pretender efetuar largadas.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. *Dicyphus cerastii*

A família Miridae é a maior da subordem Heteroptera, contendo mais de 1300 géneros e mais de 11 000 espécies descritas (Schuh, 2013; Footitt & Adler, 2009).

Os mirídeos, mais especificamente, os pertencentes à subfamília Bryocorinae são frequentemente utilizados, como tratamento biológico em culturas protegidas, sobretudo em tomate, para combater mosquinhas brancas (*Bemisia tabaci* e *Trialeurodes vaporariorum*) e traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) (Martins *et al.*, 2016) embora também se alimentem de afídeos, ácaros tetráníquideos, tripes, larvas-mineiras (Castañé *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2016) e cochonilhas (Wheeler Jr & Henry, 2008).

Nesta família, é, também, possível encontrar espécies fitófagas, como por exemplo: *Lygus rugulipennis* Poppius que pode se alimentar de, pelo menos, 387 espécies diferentes de 57 famílias de plantas, algumas com importância económica como alface, morangueiro, pinheiro, trevos, beterraba sacarina (Storberget, 2014).

Na Península Ibérica, encontram-se cerca de 500 espécies de mirídeos com características morfológicas, distribuição e biologia diferentes. Da antiga subfamília Dicyphinae (agora incluída na subfamília Bryocorinae (Alford, 2019)) são conhecidos 22 géneros, mas apenas 5 estão presentes nesta região: *Campyloneura*, *Cyrtopeltis*, *Dicyphus*, *Macrolophus* e *Nesidiocoris* (Goula & Alomar, 1994).

O intervalo de temperatura ótima para *Nesidiocoris tenuis* situa-se entre 20°C e 30°C (Sanchez *et al.*, 2009).

É possível encontrar-se várias espécies de *Dicyphus* na Península Ibérica (Fig.1). *D. cerastii* (Fig.2) é uma espécie autóctone e é frequentemente encontrada em estufas na região Oeste de Portugal (Duarte, 2016; Figueiredo *et al.*, 2012; Sanchez *et al.*, 2006).

No Oeste de Portugal, nos anos 90, *Dicyphus cerastii* foi considerada a espécie dominante, sendo, posteriormente, substituída por *Nesidiocoris tenuis*, coincidente com a intensificação das largadas (Martins *et al.*, 2016; Silva, 1996).

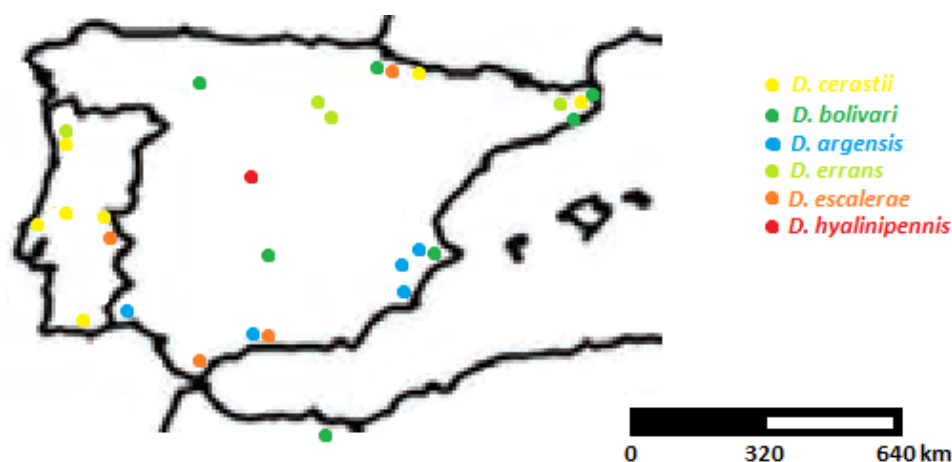


Figura 1 - Distribuição geográfica de algumas espécies de *Dicyphus* na Península Ibérica (adaptado de Sanchez & Cassis, 2018).

Sabe-se que *D. cerastii* se alimenta de ovos e larvas de *T. absoluta*, ovos e ninfas de mosquinha branca e larvas de larva-mineira. Sabe-se também que, ao contrário de *N. tenuis*, *D. cerastii* não provoca anéis necróticos nas plantas e necrose do meristema apical, mesmo na ausência de presas, e que apesar de provocar manchas foliares cloróticas, devido a

picadas de alimentação, este estrago é economicamente mais tolerado pelos produtores do que os estragos provocados por *N. tenuis* (Martins *et al.*, 2016).

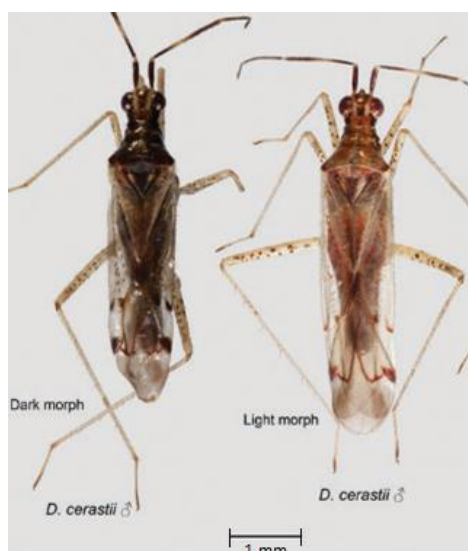


Figura 2 - Adultos de *Dicyphus cerastii* (Sanchez & Cassis, 2018)

No campo é, também, por vezes, observada necrofagia por parte desta espécie. Este comportamento leva a uma maior fertilidade e longevidade em relação a uma dieta exclusivamente fitófaga (Carvalho, 1999; Carvalho & Mexia, 2000).

Para informações mais pormenorizadas sobre a biologia e ecologia de *D. cerastii* sugere-se a consulta de Carvalho (1999), Duarte (2016), Francisco (2019) e Silva (1996).

2.2. *Tuta absoluta*

Tuta absoluta, conhecida por traça-do-tomateiro, é um microlepidóptero; os adultos (Fig.3d) podem medir 7 mm de comprimento (DGADR, 2009).

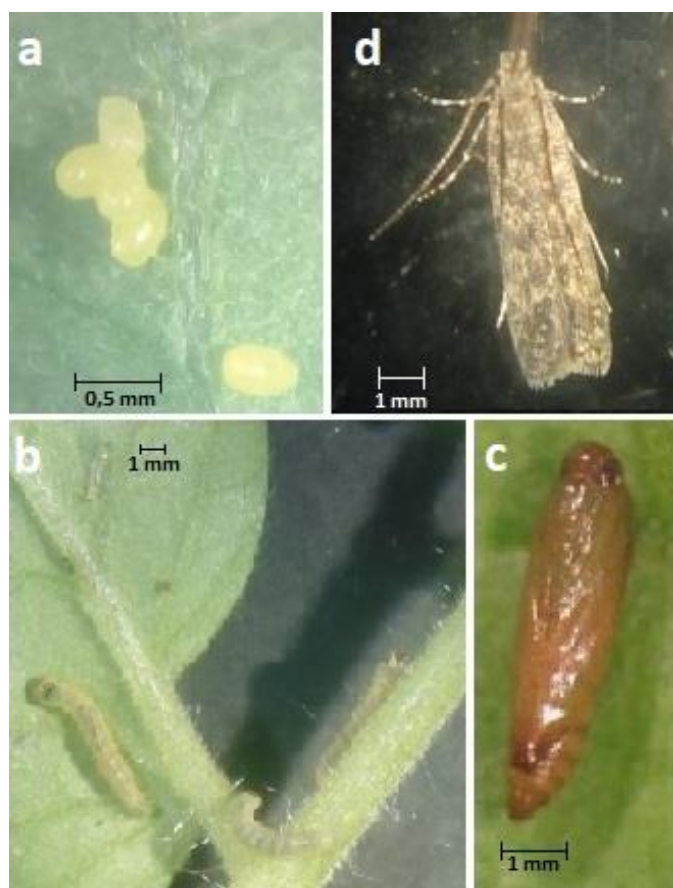


Figura 3 - Ciclo de vida de *Tuta absoluta*. a) ovo; b) larva; c) pupa; d) adulto (original da autora, exceto a fotografia de pupa de Urbaneja *et al.* (2013))

Foi observada pela primeira vez, na Europa, em Espanha em 2006. Em Portugal, em Abril de 2009, foi detetada no Montijo, e nesse ano foram encontrados ataques na região do Algarve e em estufas da região Oeste (Figueiredo *et al.*, 2010; Garcia-Marí & Vercher, 2010; Matos, 2011).

Tem como principal hospedeiro o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), mas pode atacar também outras solanáceas como batateira (*Solanum tuberosum* L.) e beringela (*Solanum melongena* L.), tendo também sido detetada em infestantes como erva-moira (*Solanum nigrum* L.) e figueira-do-inferno (*Datura stramonium* L.) (DGADR, 2009).

Esta praga pode completar o seu ciclo de vida (Fig.3) em 29 a 38 dias, variando com as condições ambientais e podendo ser 20 dias em condições ótimas (Delgado, 2008). Uma fêmea adulta pode pôr 260 ovos durante o seu ciclo; estes são pequenos, com cerca de 0,36 mm de comprimento (EPPO, 2005).

É no estado larvar que esta praga causa estragos, pois as larvas (Fig.3b) formam galerias nas folhas, diminuindo a atividade fotossintética e o desenvolvimento da planta, e penetram nos caules e nos frutos, originando a desvalorização destes (Peña, 2013). Estas galerias podem ser também um meio de entrada de organismos patogénicos, aumentando assim o impacto desta praga (Delgado, 2008).

2.3. *Bemisia tabaci*

Bemisia tabaci, apesar de ser conhecida também por mosquinha-branca do tabaco, não é uma mosca, pertencendo à ordem Hemiptera.

Os ovos (Fig. 4 e Fig. 5) têm aproximadamente 0,2 mm e são dispostos em grupos circulares na página inferior da folha. A ninfa de primeiro instar desta espécie, ou “crawler”, é o único instar ninfal móvel. Após quatro instares ninfais (Fig. 5), atinge o estado adulto (Fig. 4), com aproximadamente 1 mm, possuindo o seu corpo coberto por uma secreção cerosa, que lhe confere uma coloração branca a



Figura 4 - Postura de ovos (original da autora)

ligeiramente

amarelada. Uma fêmea pode produzir cerca de 300 ovos durante a sua vida (Gangwar & Gangwar, 2018).

Em Portugal, foi observada pela primeira vez em 1992 e encontra-se estabelecida no Algarve desde 1995 e, desde 2006, no Alentejo e Ribatejo e Oeste (Mateus *et al.*, 2008).

Bemisia tabaci é considerada uma praga-chave em várias culturas hortícolas e ornamentais, quer seja em estufa ou ao ar livre; entre estas podem encontrar-se em tomateiro, pimento, beringela, pepino, crisântemos, gerberas, entre outras. É uma espécie polífaga, tendo sido detetada em 540



Figura 5 - Estados imaturos de *B. tabaci* (original da autora)

hospedeiros de 74 famílias botânicas (Basu, 1995; Lopes, 2002; Mateus *et al.*, 2008).

Esta praga causa não só prejuízos diretos, como a extração de floema (fotoassimiliados) e a injeção de saliva tóxica durante a alimentação que prejudica o desenvolvimento da planta, como também poderá ser um potencial transmissor de vírus, podendo transmitir mais de 130 espécies e, ao excretar melada, leva ao aparecimento de fumagina, provocando uma diminuição da capacidade fotossintética. Estes prejuízos são causados tanto pelas ninfas como pelos adultos (Gangwar & Gangwar, 2018; Mateus *et al.*, 2007).

2.4. *Ephestia kuehniella*

Ephestia kuehniella Zeller (Fig. 6), também conhecida por traça-da-farinha, é um lepidóptero, com ovos com comprimento entre 0,50 e 0,55 mm e entre 10 a 14 mm no estado

adulto (CABI, 2018; Xu, 2010).

É uma praga de produtos armazenados, sendo possível encontrá-la em milho, arroz, trigo, soja, entre outros. (Hagstrum & Subramanyam, 2009). Em Portugal, tem o trigo como importante hospedeiro (Tavares *et al.*, 2012).

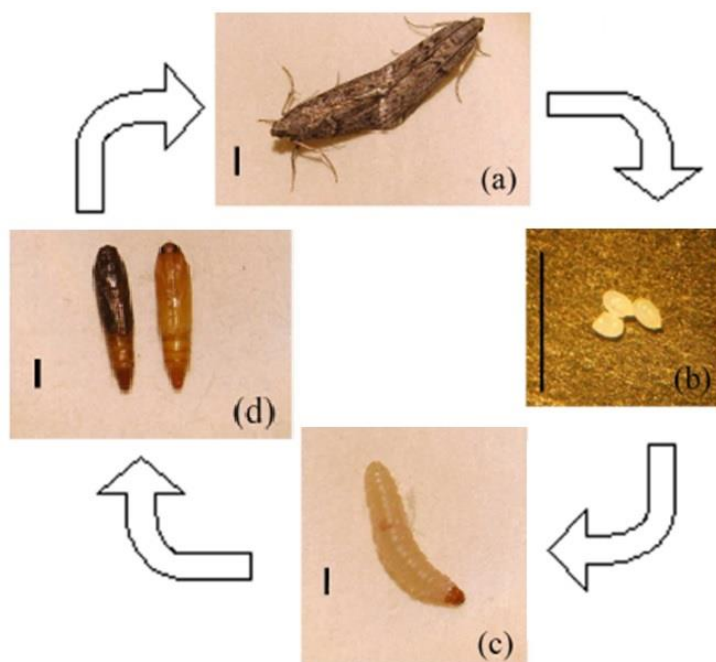


Figura 6 - Ciclo de vida de *Ephestia kuehniella*. a) adultos; b) ovos; c) larva; d) pupa (Xu, 2010) (Barra = 2 mm)

Devido à sua fácil manutenção, tem, também, importância como presa/hospedeiro alternativo, este lepidóptero é muito utilizado em investigação e em produção comercial de insetos para luta biológica. Os ovos desta espécie constituem o

alimento base para a criação em massa de parasitóides e predadores (Tavares *et al.*, 2012; Xu, 2010).

Em 1983, na Universidade dos Açores, foi construída uma unidade de produção (biofábrica) desta espécie destinada à produção em massa de parasitoides oófagos do género *Trichogramma* usados em largadas, esta biofábrica pode atingir uma média de três milhões de ovos por dia (Tavares & Vieira, 1992).

2.5. *Myzus persicae*

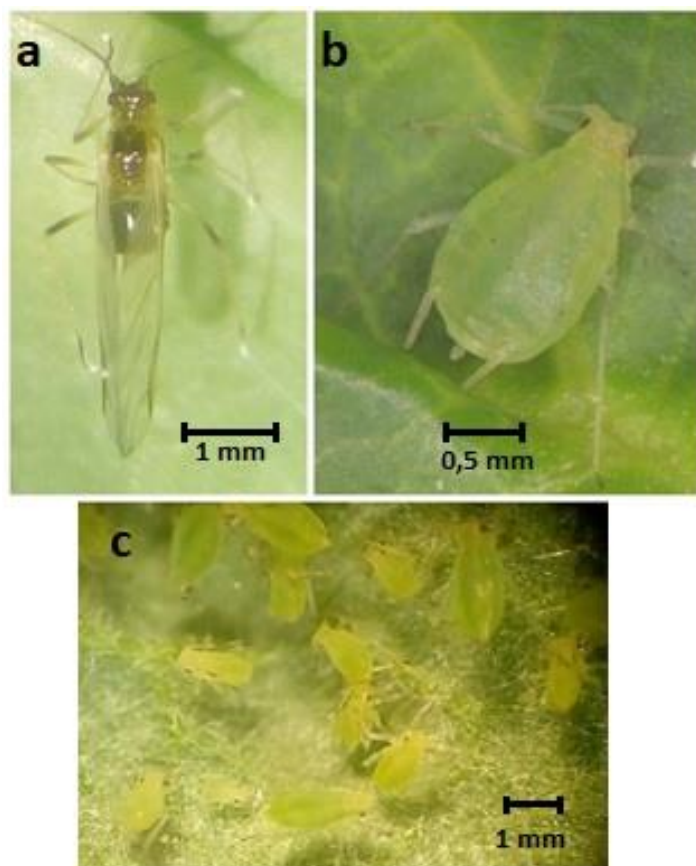


Figura 7 - Estados de *Myzus persicae*: a) adulto alado; b) fêmea; c) estados imaturos (originais da autora, exceto a fotografia b de Ramos & Soares (2013))

Myzus persicae Sulzer (Fig. 7), também conhecido por afídeo-verde-do-pessegueiro, pertence à ordem Hemiptera e é uma espécie muito polífaga, sendo possível encontrá-la em mais de 40 famílias botânicas, como por exemplo: Brassicaceae, Solanaceae, Poaceae, Fabaceae, Asteraceae, Cucurbitaceae. O seu ciclo de vida dura aproximadamente 20 a 30 dias e uma fêmea (Fig. 7b) pode dar origem de 60 a 100 indivíduos (ANDEF, 2014; CABI, 2018).

Este inseto, com dimensões entre 1,2 a 2,1 mm, pode provocar estragos na planta, resultantes da sua alimentação, tais como cloroses, encarquilhamento das folhas, deformações nos frutos e na planta em geral, afetando o crescimento e contribuindo para o enfraquecimento da mesma. Pode ser, também, responsável pela transmissão de vírus com importante impacto na produção, uma vez que esta espécie é vetora de mais de 100 vírus de 30 famílias de plantas diferentes (ANDEF, 2014; CABI, 2018; COTHN, 2011).

2.6. Taxa de Predação

A taxa de predação define-se como a quantidade de presas que é consumida por um determinado predador por unidade de tempo (Jeschke *et al.*, 2002). Pode variar com a espécie, o estado de desenvolvimento do predador, a temperatura, a planta hospedeira (Perdikis *et al.*, 1999), e o estado de desenvolvimento da presa (Quadro 1).

Quadro 1 - Taxas de predação de diversas espécies de mirídeos em função do seu estado de desenvolvimento e da espécie e estado de desenvolvimento da presa (N_x - Nínta de x instar e VE - Vários estados)

| Espécie-predador | Estado /instar predador | Espécie-presa | Estado /instar presa | Consumo /dia (média) | Referência |
|---|-------------------------|--|---------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| <i>Macrolophus pygmaeus</i> (Rambur) | Adulto | <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) | Ovo | >30 | Urbaneja <i>et al.</i> , 2009 |
| | Adulto | | | >100 | Arnó <i>et al.</i> , 2009 |
| | N ₅ | | | 71,3 | Mollá <i>et al.</i> , 2014 |
| | Adulto (fêmea) | <i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood | N ₁ | >80* | Enkegaard <i>et al.</i> , 2001 |
| | N ₅ | | N ₂ | 56,5 | Lykouressis <i>et al.</i> , 2009 |
| | N ₅ | | N ₃ | 24,4 | |
| | Adulto | <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) | N ₄ | 4,5 | Barnadas <i>et al.</i> , 1998 |
| | Adulto (fêmea) | <i>Myzus persicae</i> Sulzer | N ₁ | 21,7 | Messelink <i>et al.</i> , 2015 |
| | N ₅ | <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller | Ovo | 44,8 | Mollá <i>et al.</i> , 2014 |
| | Adulto (fêmea) | <i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande) | Larva | 20,7 | Blaeser <i>et al.</i> , 2004 |
| | Adulto (fêmea) | <i>Tetranychus urticae</i> Koch | Ovo | 111,3* | Enkegaard <i>et al.</i> , 2001 |
| <i>Macrolophus basicornis</i> (Stal) | Adulto (fêmea) | <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) | Ovo | 15,3 | Blaeser <i>et al.</i> , 2004 |
| | Adulto (fêmea) | | | 38,1 | van Lenteren <i>et al.</i> , 2018 |
| | Adulto | | | 100,8 | van Lenteren <i>et al.</i> , 2016 |
| | Adulto | | | 100,9 | Bueno <i>et al.</i> , 2012 |
| | N ₅ | | | 40 | Smit, 2015 |
| <i>Nesidiocoris tenuis</i> (Reuter) | N ₅ | <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) | Ovo | 187 | van Lenteren <i>et al.</i> , 2017 |
| | Adulto | | | >30 | Urbaneja <i>et al.</i> , 2009 |
| | N ₅ | | | 55,6 | Mollá <i>et al.</i> , 2014 |
| | Adulto | <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) | N ₁ | 192 | Baños <i>et al.</i> , 2016 |
| | N ₅ | <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller | Ovo | 43,8 | Mollá <i>et al.</i> , 2014 |
| <i>Dicyphus errans</i> (Wolff) | Adulto (fêmea) | <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) | Ovo | >10 | Ingegno <i>et al.</i> , 2013 |
| | | | | 236* | Ingegno <i>et al.</i> , 2017 |
| | | | | 197* | Ingegno <i>et al.</i> , 2019 |
| <i>Dicyphus bolivari</i> (Lindberg) | Adulto (fêmea) | <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) | Ovo | 189* | Ingegno <i>et al.</i> , 2019 |
| <i>Dicyphus tamaninii</i> Wagner | Adulto | <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) | N ₄ | 6,7 | Barnadas <i>et al.</i> , 1998 |
| | Adulto (fêmea) | <i>Myzus persicae</i> Sulzer | N ₁ | 22,8 | Messelink <i>et al.</i> , 2015 |
| | Adulto (fêmea) | <i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande) | Larva | 23,5 | Blaeser <i>et al.</i> , 2004 |
| | Adulto (fêmea) | <i>Tetranychus urticae</i> Koch | VE | 29 | Blaeser <i>et al.</i> , 2004 |
| <i>Tupiocoris cucurbitaceus</i> (Spinola) | Adulto (fêmea) | <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) | Ovo | 147,5 | López <i>et al.</i> , 2019 |
| | Adulto (fêmea) | <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) | N ₃ e N ₄ | 38,2 | López <i>et al.</i> , 2019 |
| | Adulto (fêmea) | <i>Myzus persicae</i> Sulzer | N ₁ a N ₃ | 19,8 | López <i>et al.</i> , 2019 |
| | Adulto (fêmea) | <i>Tetranychus urticae</i> Koch | Adulto | 25,9 | López <i>et al.</i> , 2019 |

Assinalados com (*) são valores de consumo máximo estimado

2.7. Resposta Funcional

A resposta funcional é muito usada para descrever e estimar interações alimentares entre um consumidor e uma fonte.

Quando um predador apresenta resposta funcional, esta corresponde à relação entre a taxa de predação e a densidade de presas, ou seja, o consumo de presas por um predador varia, neste caso, consoante a densidade de presas (Ingegno *et al.*, 2017; Jeschke *et al.*, 2002). O conceito de resposta funcional foi introduzido por Solomon (1949) para se compreender as interações entre predador e presa. A avaliação do conhecimento desta resposta comportamental é importante para a seleção de inimigos naturais usados em controlo biológico (Lester & Harmsen, 2002).

É possível encontrar esta resposta comportamental em vários grupos taxonómicos, incluindo roedores como, por exemplo, *Peromyscus leucopus* Rafinesque a consumir pupas de *Neodiprion sertifer* Geoffroy descreve uma resposta funcional de tipo III (Holling, 1965).

Holling (1966) descreveu um modelo que estabelece uma relação entre o tempo de procura, o tempo de manipulação e a taxa de consumo numa equação conhecida como “Disc Equation”. Esta diz que à medida que um predador captura maior número de presas, o tempo de manipulação leva à diminuição do tempo disponível de procura, uma vez que quando este se encontra a manipular uma presa, pára de a procurar momentaneamente (Holling, 1959b).

Existem vários modelos para descrever respostas funcionais e muito utilizados em diversas áreas científicas (Rosenbaum & Rall, 2018).

2.8. Tipos de resposta funcional

Holling (1959b) definiu três tipos de resposta funcional. Um predador pode apresentar diferentes tipos de resposta funcional dependendo da presa que estiver a consumir (van Lenteren *et al.*, 2016). Por exemplo, a predação de fêmeas de *Macrolophus pygmaeus* sobre ninfas de primeiro instar de *T. vaporariorum*, a 22°C, pode ser descrita através de um modelo

de resposta funcional tipo III (Enkegaard *et al.*, 2001). Por sua vez, a predação de ovos de *T. absoluta*, apresenta uma resposta funcional de tipo II (Sharifian *et al.*, 2015).

A variação no tipo de resposta funcional dos predadores pode dever-se a vários fatores, como a idade do predador (Holling, 1959b), a espécie (Hassell *et al.*, 1977), a

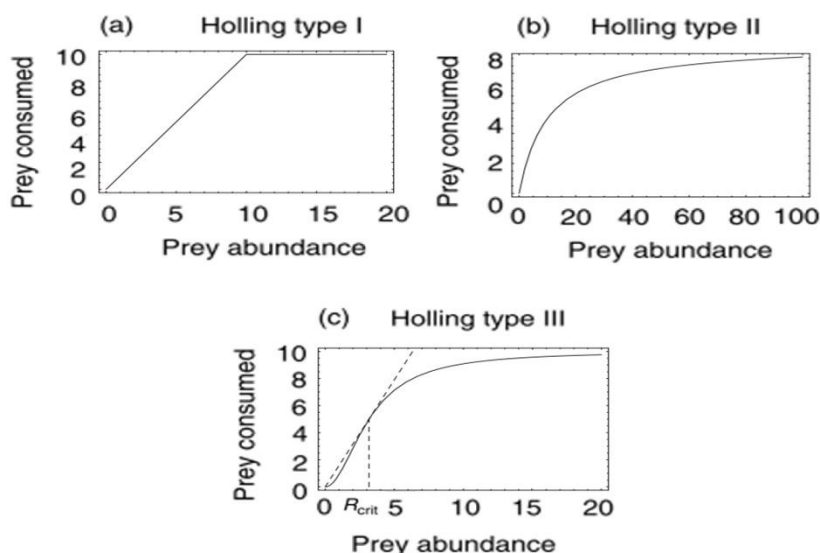


Figura 8 - Os três tipos de resposta funcional de Holling (a) Tipo I; b) Tipo II; c) Tipo III) (Křivan, 2008).

dimensão (Streams, 1994) e a distribuição da presa (Hemerik & Yano, 2011), a temperatura (Mohaghegh *et al.*, 2001), a planta hospedeira (De Clercq *et al.*, 2000) e o tipo de análise utilizado para determinar a resposta (Trexler *et al.*, 1988).

2.8.1 Tipo I

Neste tipo de resposta, o consumo de presa aumenta linearmente com a densidade da mesma (Holling, 1959a) até atingir um equilíbrio, no qual o predador se encontra saciado (Fig. 8a). É característico de predadores especialistas ou passivos como, por exemplo, as aranhas.

2.8.2 Tipo II

Na resposta funcional de tipo II (Fig.8b), o aumento do consumo de presa desacelera continuamente com a densidade da mesma (Holling, 1959a); a curva que expressa a relação presas consumidas-presas disponíveis é uma cirtóide. Este tipo de resposta é característico de predadores especialistas e parasitóides (van Lenteren & Bakker, 1976).

Holling descreveu um modelo matemático para este tipo de resposta funcional, conhecido como “Disk Equation” (Eq. 1):

$$N_e = \frac{aN_0T}{1+aN_0h} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde N_e = número de consumido; a = taxa de ataque; N_0 = densidade inicial de presa; T = período experimental e h = tempo de manipulação com cada presa.

Este modelo é muito usado como representação deste tipo de curva.

Rogers (1972) definiu, a partir deste modelo, um outro modelo que tem em atenção a redução de densidade de presas ao longo do período experimental, conhecido como “Random Predator Equation” (Eq. 2):

$$N_e = N_0(1 - \exp(a(h - N_e - T))) \quad (\text{Eq. 2})$$

no qual: N_e = número de consumido; a = taxa de ataque; T = período experimental; h = tempo de manipulação com cada presa; N_0 = densidade inicial de presa.

Neste tipo de resposta, a taxa de consumo é controlada pela taxa de ataque a baixas densidades de presa e pelo tempo de manipulação a altas densidades (Rosenbaum & Rall, 2018)

Alguns mirídeos podem apresentar este tipo de resposta (Quadro 2).

2.8.3 Tipo III

Neste tipo de resposta (curva sigmóide), a taxa de aumento de consumo de presa, inicialmente, acelera com aumento da densidade de presa até ao ponto de inflexão da curva, acabando por diminuir progressivamente (Holling, 1959a) até ao ponto em que o predador fica saciado identicamente ao que acontece na curva de tipo II (Fig. 8c).

As curvas associadas a estes dois tipos de resposta distinguem-se através da derivada, que vai ascendendo e depois descendendo na de tipo III e descendendo sempre na de tipo II.

Juliano (2001) afirmou que numa curva sigmoide a taxa de ataque não é constante, mas depende linearmente da densidade ($a=bN_0$) então, a curva pode ser por:

$$N_e = \frac{bN_0^2}{1+bhN_0^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

onde: N_e = número de consumido; a = taxa de ataque; T = período experimental; h = tempo de manipulação com cada presa; N_0 = densidade inicial de presa; b = coeficiente de ataque.

Segundo Holling (1965), a presença de uma presa alternativa pode dar origem a uma resposta funcional de tipo III; esta resposta é característica de predadores generalistas que mudam rapidamente de espécie de presa na presença de outra que exista em maior abundância.

Alguns mirídeos podem apresentar este tipo de resposta (Quadro 2).

Quadro 2 - Tipos de resposta funcional observado em diversas espécies de artrópodes em função do seu estado de desenvolvimento e da espécie e estado de desenvolvimento da presa (N_x - Nínta de instar x, L_x - Larva de instar x)

| Espécie-predador | Estado/ Instar predador | Espécie-presa | Estado/ Instar presa | Tipo de Resposta Funcional | Referência |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------------|--|
| <i>Dicyphus bolivari</i> Lindberg | Adulto (fêmea) N ₅ | <i>Tuta absoluta</i> Meyrick | Ovo | II | Ingegno <i>et al.</i> , 2019 |
| <i>Dicyphus errans</i> Wolff | Adulto (fêmea) N ₅ | <i>Tuta absoluta</i> Meyrick | Ovo | II | Ingegno <i>et al.</i> , 2019 |
| <i>Dicyphus tamaninii</i> Wagner | Adulto (fêmea) | <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande | L ₂ | II | Montserrat <i>et al.</i> , 2000 |
| | | <i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood | N ₄ | | |
| <i>Macrolophus pygmaeus</i> Rambur | Adulto | <i>Tuta absoluta</i> Meyrick | Ovo | II | Backer <i>et al.</i> , 2014, Sharifian <i>et al.</i> , 2015 |
| | | <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller | | | Sharifian <i>et al.</i> , 2015 |
| | | <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande | L ₂ | II | Montserrat <i>et al.</i> , 2000 |
| | | <i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood | N ₄ | | |
| | Adulto (fêmea) | <i>Myzus persicae</i> Sulzer | N ₄ | III | Foglar <i>et al.</i> , 1990 |
| | | <i>Tetranychus urticae</i> Koch | Adulto (fêmea) | | |
| | | <i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood | N ₁ | III | Enkegaard <i>et al.</i> , 2001 |
| | | <i>Myzus persicae</i> Sulzer | Ninfa | | |
| | N ₅ | <i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood | N ₂ e N ₃ | II | Lampropoulos <i>et al.</i> , 2013 |
| | | <i>Tuta absoluta</i> Meyrick | Ovo | III | Michaelides <i>et al.</i> , 2018 |

Quadro 3 - Tipos de resposta funcional observado em diversas espécies de artrópodes em função do seu estado de desenvolvimento e da espécie e estado de desenvolvimento da presa (N_x - Nífa de instar x, L_x - Larva de instar x) (Continuação)

| Espécie-predador | Estado/ Instar predador | Espécie-presa | Estado/ Instar presa | Tipo de Resposta Funcional | Referência |
|---|-------------------------------|---|--|----------------------------------|---|
| <i>Macrolophus basicornis</i> Stal | Adulto | <i>Tuta absoluta</i> Meyrick | Ovo | III | van Lenteren <i>et al.</i> , 2016 |
| | Adulto | <i>Tuta absoluta</i> Meyrick <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller | Ovo | II | Sharifian <i>et al.</i> , 2015 |
| <i>Nesidiocoris tenuis</i> Reuter | N ₅ | <i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood <i>Tuta absoluta</i> Meyrick | N ₂ e N ₃ Ovo | II III | Lampropoulos <i>et al.</i> , 2013 Michaelides <i>et al.</i> , 2018 |
| <i>Orius tristicolor</i> White | Adulto | <i>Tuta absoluta</i> Meyrick | Ovo | II | Queiroz <i>et al.</i> , 2015 |
| <i>Orius laevigatus</i> Fieber | Adulto (fêmea) | <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande <i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood | L ₂ N ₄ | II | Montserrat <i>et al.</i> , 2000 |
| <i>Amphiareus constrictus</i> Stal | Adulto | <i>Tuta absoluta</i> Meyrick | Ovo | III | Queiroz <i>et al.</i> , 2015 |
| <i>Blaptostethus pallescens</i> Poppius | Adulto | <i>Tuta absoluta</i> Meyrick | Ovo | III | Queiroz <i>et al.</i> , 2015 |
| Outras Espécies | | | | | |
| <i>Haplodrassus rufipes</i> Lucas | Fêmea imatura | <i>Ceratitidis capitata</i> Wiedemann | Adulto | I | Benhadi-Marín <i>et al.</i> , 2019 |
| <i>Araniella cucurbitina</i> Clerck | Fêmea imatura | <i>Ceratitidis capitata</i> Wiedemann | Adulto | II | Benhadi-Marín <i>et al.</i> , 2019 |
| <i>Synema globosum</i> Fabricius | Fêmea imatura | <i>Ceratitidis capitata</i> Wiedemann | Adulto | II | Benhadi-Marín <i>et al.</i> , 2019 |
| <i>Stethorus japonicus</i> Kamiya | Adulto (fêmea) | <i>Tetranychus urticae</i> Koch | Ovo | II | Gotoh <i>et al.</i> , 2004 |
| <i>Scolothrips takahashii</i> Priesner | Adulto (fêmea) | <i>Tetranychus urticae</i> Koch | Ovo | II | Gotoh <i>et al.</i> , 2004 |
| <i>Amblyseius Californicus</i> McGregor | Adulto (fêmea) | <i>Tetranychus urticae</i> Koch | Ovo | II | Gotoh <i>et al.</i> , 2004 |

Fathipour & Maleknia (2016) afirmam que predadores com taxa de ataque elevada e tempo de manipulação baixo são os melhores agentes de controlo.

3. Material e Métodos

3.1. Criação de insetos

Para a execução destes ensaios, foi necessário manter uma criação do predador e das presas.

3.1.1 Predador

No caso de *D. cerastii*, a criação foi efetuada nas condições de temperatura, humidade relativa do insetário ($25^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$; $60\%\pm 10\%$ e 14D:10N) a partir de insetos provenientes de diversos locais do país, em duas gaiolas de rede (40cm x 40cm x 60cm) (uma de ninfas (Fig. 9a) e outra de *stock* (Fig. 9b), com plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) e/ou plantas de tomateiro envasadas com uma mistura de turfa e fibra de coco (1:1) na qual se manteve esta espécie nos seus vários estados), e alimentada semanalmente com ovos de *E. kuehniella* e quistos de *Artemia* sp. depositados nas folhas das plantas.

Todas as semanas, eram recolhidos da gaiola de ninfas, os adultos que tivessem emergido durante essa semana e colocados numa gaiola de rede de estágio (Fig. 9c) (30cm x 30cm x 30cm) por um dia, com uma planta de tomateiro envasada com uma mistura de turfa e fibra de coco (1:1), nas condições de temperatura, humidade relativa do insetário e com a mesma alimentação que era fornecida na gaiola anterior. Esta gaiola permitia garantir que os adultos a usar nos ensaios tinham entre 2 a 8 dias de idade e uniformizar o nível de fome. Semanalmente, foram também recolhidas as ninfas dos últimos instares (N_4 e N_5) presentes na gaiola de *stock* e colocadas na gaiola de ninfas para garantirmos que na semana seguinte se teria adultos.

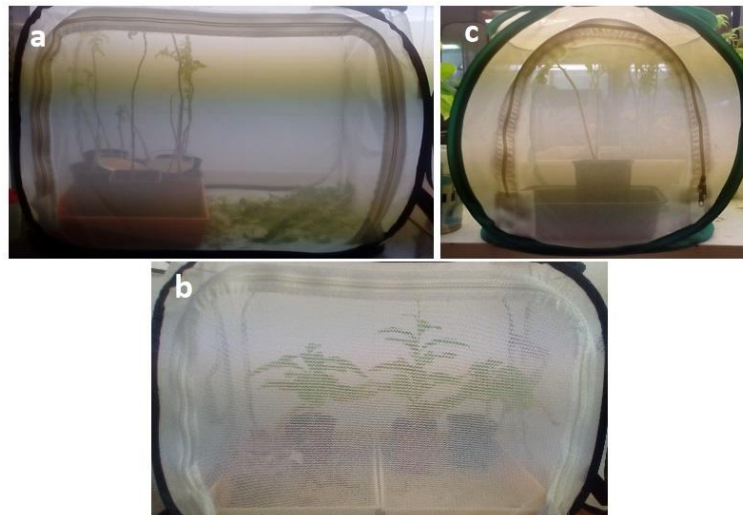


Figura 9 - Gaiolas de *Dicyphus cerastii* (a) ninfas; b) stock; c) estágio (original da autora)

3.1.2 Presas

Tuta absoluta

A criação de *T. absoluta* foi efetuada a partir de larvas capturadas no Oeste. Esta espécie foi mantida em condições de temperatura e humidade relativa do insetário ($25^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$; $60\%\pm 10\%$ e 14D:10N) numa gaiola de rede (30cm x 30cm x 30cm), na qual foram colocadas, semanalmente, plantas de tomateiro envasadas com mistura de turfa e fibra de coco (1:1) e/ou copos de plástico de 125 ml com folhas de tomateiro em água (Fig. 10), para manter a turgidez foliar.



Figura 10 - Copo com folhas de tomateiro (original da autora)

Esta gaiola (Fig.11) encontrava-se aberta dentro de uma outra gaiola de rede (90cm x 45cm x 45cm) para haver circulação dos adultos para esta e para concentrar as larvas naquela, evitando assim que as larvas de primeiro instar saíssem pelos orifícios da rede da gaiola maior. Na véspera dos ensaios, nesta última gaiola, foram colocados copos de plástico de 125 ml com folhas de tomateiro em água que eram utilizadas para dirigir a postura, garantindo desta forma que estes teriam a mesma idade (menos de 24 horas).



Figura 11 - Gaiolas de criação de *Tuta absoluta* (original da autora)

Bemisia tabaci

No caso de *B. tabaci*, a criação foi efetuada, também, nas condições de temperatura e humidade relativa do insetário, numa gaiola de rede (Fig.12) (40cm x 40cm x 60cm) com plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) e/ou plantas de tomateiro envasadas com uma mistura de turfa e fibra de coco (1:1), a partir de indivíduos capturados em plantas de *Physalis* sp. em hortas do Instituto Superior de Agronomia.



Figura 12 - Gaiola de criação de *Bemisia tabaci* (original da autora)

Myzus persicae

Esta espécie foi mantida nas condições de temperatura e humidade relativa do insetário, numa gaiola de rede (Fig.13) (30cm x 30cm x 30cm) com plantas de pimento (*Capsicum annuum* L.) envasadas com uma mistura de turfa e fibra de coco (1:1), a partir de indivíduos provenientes de jardins situados em Lisboa.



Figura 13 - Gaiola de criação de *Myzus persicae* (original da autora)

3.2. Taxa de Predação e Resposta Funcional

Para avaliar a taxa de predação e a existência ou não de resposta funcional de *Dicyphus cerastii*, foi necessário colocar indivíduos desta espécie em contacto com outros das espécies em estudo (*Bemisia tabaci*, *Tuta absoluta*, *Ephestia kuehniella* e *Myzus persicae*) em diferentes densidades de presa e contabilizar o seu consumo. Os ensaios foram desenvolvidos no insetário do Instituto Superior de Agronomia.

Nos ensaios, usaram-se fêmeas adultas de *D. cerastii* com 2 a 8 dias de idade e ninfas de *B. tabaci* e de *M. persicae* e ovos de *T. absoluta*, obtidos a partir das criações descritas no capítulo 3.1, e ovos de *E. kuehniella* adquiridos a uma empresa produtora de agentes de controlo biológico (Koppert).

Para cada ensaio e repetição, foi necessário capturar fêmeas adultas de *D. cerastii* da gaiola de estágio, com um aspirador, e colocá-los, separadamente, em tubos de plástico para centrífuga de 15 ml tapados com um algodão embebido em água (Fig. 14). Foram mantidas nestes tubos, sem alimento durante 24 h, a $25^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$, $60\%\pm 10\%$ de humidade relativa e fotoperíodo de 14h.



Figura 14 - Adulto em tubo com algodão embebido em água (original da autora)

No dia seguinte, eram preparadas placas de Petri de plástico (Fig. 15), uma para cada uma das fêmeas. Estas placas possuíam um orifício na tampa que era fechado com algodão para evitar condensação. No fundo da placa era colocado um disco de papel de filtro e 1 ml de água destilada com um tubo de Eppendorf, de modo a fazer aderir o papel de filtro ao fundo da placa. Em seguida, era colocada um “folíolo” (secção) de tomateiro sobre o papel.

Previamente, foi feita a recolha de folhas com ovos de *T. absoluta* ou ninfas de *B. tabaci* ou de *M. persicae*, sendo estes depois selecionados e colocados no “fóliolo” que se encontrava na placa de Petri; no caso de *E. kuehniella*, recolheram-se e contaram-se diretamente da embalagem. A colocação das presas nos folíolos foi feita com o auxílio de um pincel humedecido ou de uma agulha.

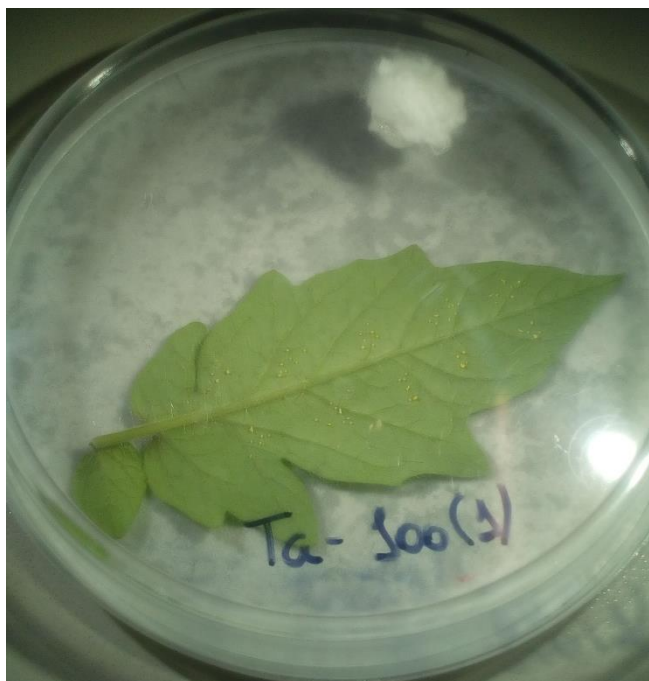


Figura 15 - Placa com papel de filtro e fóliolo de tomateiro com 100 ovos de *Tuta absoluta* (original da autora)

No que se refere à densidade de presas foram definidas diferentes modalidades. Para *E. kuehniella* as densidades usadas foram 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 300 indivíduos/placa; para *B. tabaci* foram 5, 10, 20, 30, 50, 100; para *M. persicae* usou-se 5, 10, 20, 30, 50, 100 ninfas/placa e para *T. absoluta* foram 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300 ovos/placa. O número de repetições feito para cada densidade e espécie de presa encontra-se indicado no Quadro 3.

Quadro 4 - Número de repetições para cada densidade e para cada espécie de presa

| Espécie / Densidade | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 |
|----------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| <i>Tuta absoluta</i> | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 15 | - | 14 | 10 |
| <i>Bemisia tabaci</i> | 20 | 20 | 20 | 20 | 11 | 2 | - | - | - |
| <i>Ephestia kuehniella</i> | 20 | 20 | 20 | 20 | 21 | 17 | 15 | 15 | 2 |
| <i>Myzus persicae</i> | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 6 | - | - | - |

Após esta preparação, em cada placa de Petri, foi colocada uma fêmea adulta de *D. cerastii*. A placa foi selada com Parafilm® e as presas a testar estiveram expostas durante 24 h em câmara de criação Fitoclima 600 PL (Aralab - Rio de Mouro) à temperatura de $25^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$, humidade relativa de $65\%\pm 5\%$ e fotoperíodo de 14 h. Foram também preparadas placas para cada densidade e presa nas quais não foram adicionadas a fêmea adulta (placas-testemunha).

No dia seguinte, as placas foram observadas e procedeu-se à contagem e registo das presas consumidas. Consideraram-se consumidas as presas que estavam completamente sugadas (Fig. 16), ou seja, eventualmente o número de presas predadas terá sido avaliado por defeito.

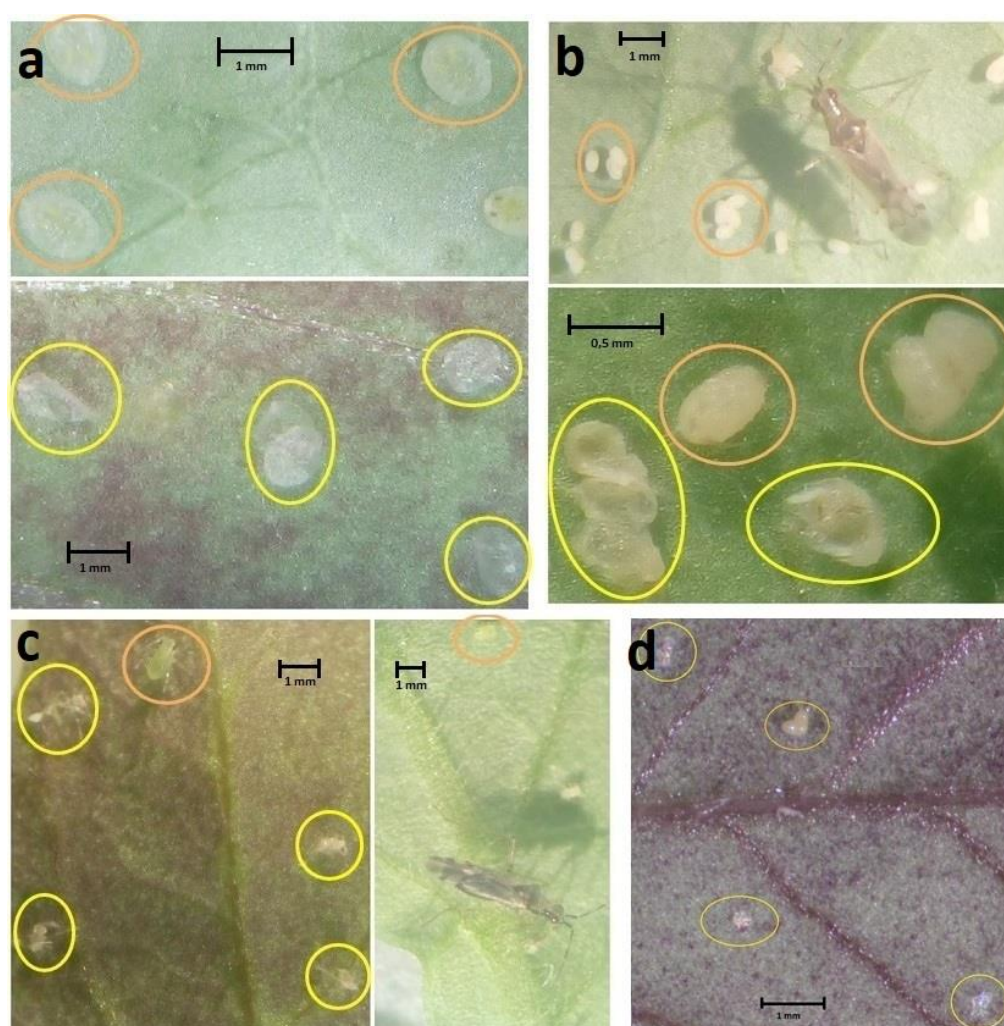


Figura 16 - Presas vivas (laranja) e consumidas (amarelo). a) *Bemisia tabaci*; b) *Ephestia kuehniella*; c) *Myzus persicae*; d) *Tuta absoluta* (originais da autora e de Gonçalo Duarte).

3.1. Análise Estatística

De forma a determinar o tipo de resposta funcional (I, II ou III) observou-se o padrão de dispersão dos dados. Para determinar a existência de resposta de tipo I, foi verificado se estes se inseriam no padrão descrito no capítulo 2.8.1.

Para diferenciar entre os tipos II ou III, os dados foram ajustados a função logística polinomial (Eq. 4). Nesta função, o sinal do coeficiente do termo de primeira ordem determina o tipo de curva (negativo para o tipo II e positivo para o tipo III) (Juliano, 2001).

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp (P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2)}{1 + \exp (P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2)} \quad \text{Eq. 4}$$

no qual: N_e = número de presas consumido; N_0 = densidade inicial de presa; P_x - parâmetros a ser estimados.

Após se determinar o tipo de resposta funcional, os dados foram ajustados a um modelo de resposta funcional. Com este ajustamento obtiveram-se os valores estimados para o tempo de manipulação e para a taxa de ataque.

O tempo de manipulação foi, posteriormente, usado para calcular o consumo máximo de cada presa, uma vez que é obtido pela divisão do período experimental (1 dia, neste caso) pelo tempo de manipulação, ou seja, $1/h$.

Todas as análises foram realizadas com o package FRAIR para R (Pritchard *et al.* 2017) com o software R (R Core Team, 2018).

4. Resultados e Discussão

Para as quatro presas testadas observa-se que existiu um aumento do número de presas consumidas com o aumento da densidade de presas disponíveis. Os valores de consumo médio máximo observados foram 80 ninfas de *B. tabaci*, 126 ovos de *E. kuehniella*, 39 ninfas de *M. persicae* e 172 ovos de *T. absoluta* (Fig.17).

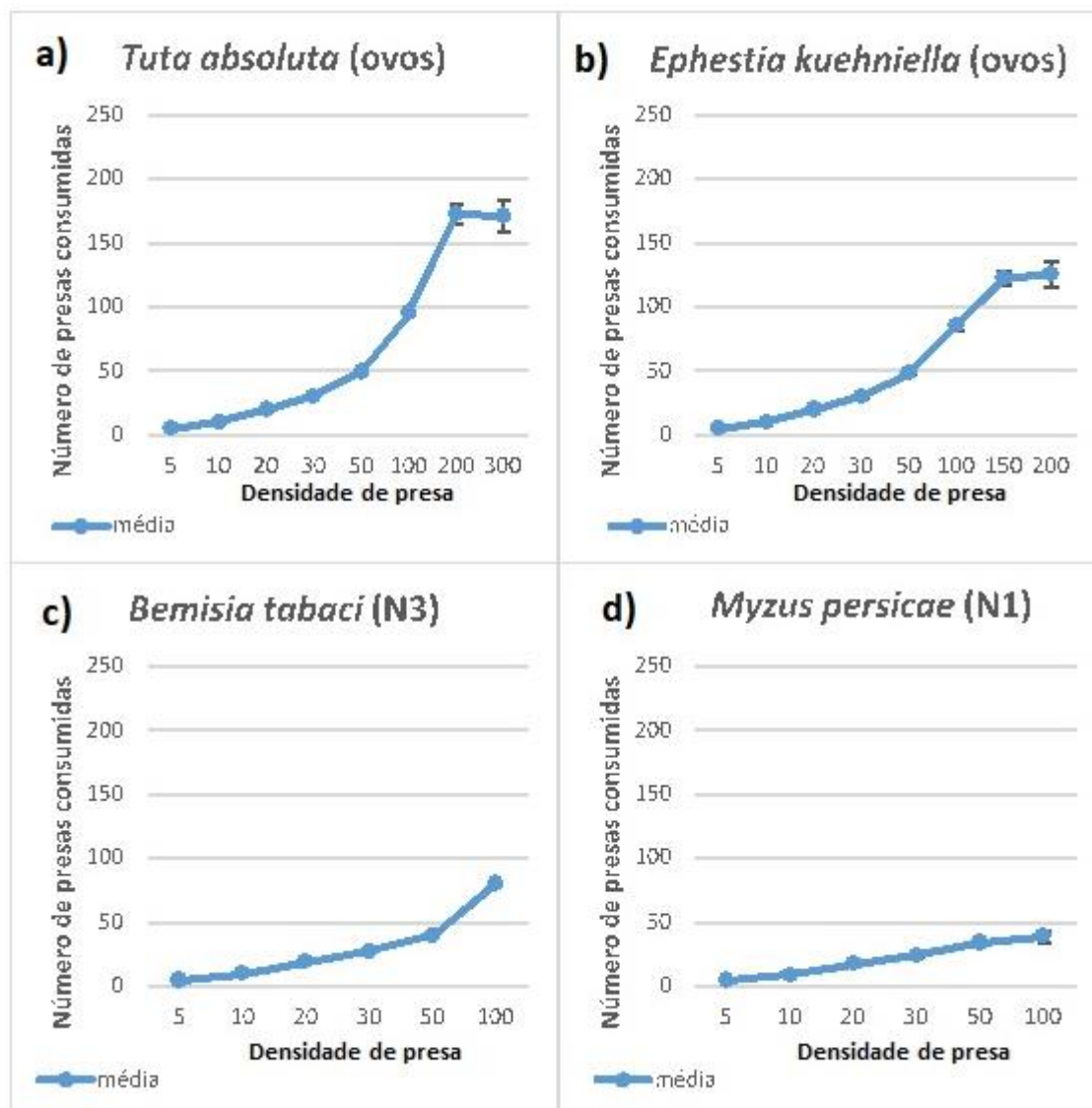


Figura 17 - Valores médios de consumo (em nº de indivíduos) de *Dicyphus cerastii*, por densidade de presa para cada presa testada: *Tuta absoluta* (a), *Ephestia kuehniella* (b), *Bemisia tabaci* (c) e *Myzus persicae* (d).

Comparando com dados obtidos por outros autores com outras espécies de mirídeos para as mesmas presas testadas (Quadro 1, capítulo 2.6), é possível verificar-se que *D. cerastii* apresentou níveis de consumo superiores.

Pela observação da dispersão dos dados (Fig. 18), foi possível verificar que o padrão apresentado não se assemelha ao de tipo I. Estes resultados eram esperados tendo em conta que, de acordo com a informação obtida na revisão bibliográfica, os mirídeos da subfamília Bryocorinae apresentam frequentemente respostas funcionais de tipo II e III. O tipo de resposta I é mais frequentemente observado em predadores passivos, como por exemplo aranhas (Benhadi-Marín, *et al.*, 2019; Denno, *et al.*, 2004; Krivan, 2008; Provencher, 1987).

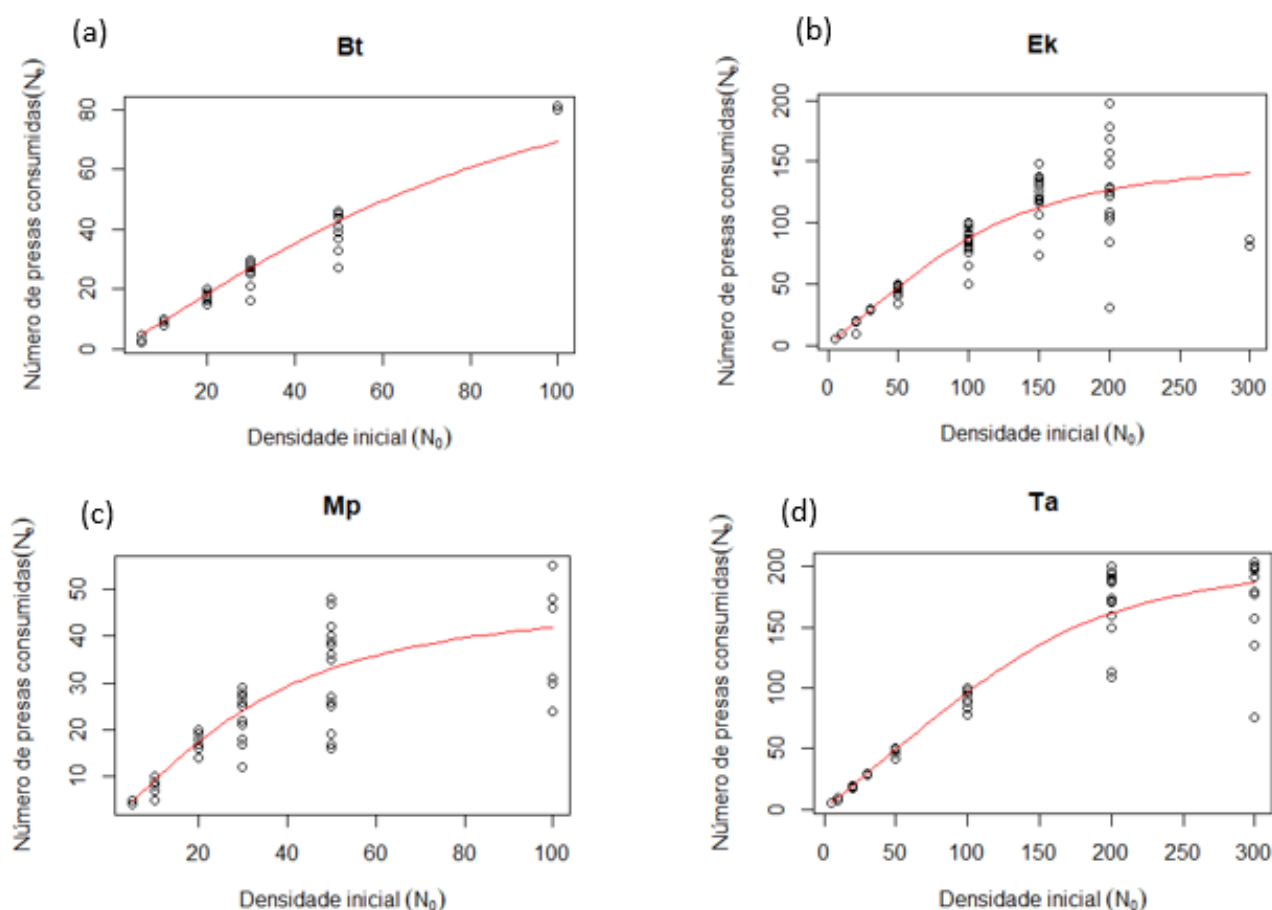


Figura 18 - Resposta funcional de fêmeas adultas de *Dicyphus cerastii* sobre: (a) *Bemisia tabaci*; (b) *Ephestia kuehniella*; (c) *Myzus persicae*; (d) *Tuta absoluta*.

A diferenciação entre curvas de tipo II e III foi realizada através da regressão descrita no capítulo anterior (Eq.4). Os valores estimados do coeficiente do termo de primeira ordem para todas as presas testadas apresentaram sinal negativo (Quadro 4), o que significa que o tipo de resposta funcional de *D. cerastii* para cada uma das presas testadas foi de tipo II (Fig. 18). Este resultado era expectável pelo facto de não serem oferecidas diferentes presas ao mesmo tempo (e, portanto, existir uma mudança de inflexão da curva ao passarem de uma dada presa para outra) e por este ser o tipo de resposta mais frequente nos vários estudos feitos com diferentes espécies de mirídeos (Backer *et al.*, 2014; Fantinou *et al.*, 2008; Foglar

et al., 1990; Ingegno *et al.*, 2019; Lampropoulos *et al.*, 2013; Montserrat *et al.*, 2000; Sharifian *et al.*, 2015).

Quadro 5 - Resultados do coeficiente do termo de primeira ordem da regressão logística para a proporção de presas consumidas por fêmeas adultas de *Dicyphus cerastii* comparado com o número inicial de presas.

| Espécie-presa | Valor estimado \pm SE ¹ | Estatística de teste (Z) | Nível de significância (p) |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Bemisia tabaci</i> | -0,018 \pm 0,002 | -7,720 | <0,001 |
| <i>Ephestia kuehniella</i> | -0,015 \pm 0,000 | -35,518 | <0,001 |
| <i>Myzus persicae</i> | -0,028 \pm 0,001 | -19,393 | <0,001 |
| <i>Tuta absoluta</i> | -0,015 \pm 0,000 | -34,572 | <0,001 |

¹SE - Erro-padrão

Após se verificar que o tipo de resposta funcional para todas as presas foi de tipo II, os dados foram ajustados à função de resposta funcional tipo II de Rogers (1972) (usando a Eq. 2, capítulo 2.8.2). Esta função contempla a redução de densidade de presas ao longo do período experimental (não reposição de presas) e permite obter os valores estimados para a taxa de ataque e para o tempo de manipulação (Quadro 5).

Quadro 6 - Taxa de ataque (a) e tempo de manipulação (h) para a resposta funcional (tipo II) de *Dicyphus cerastii* sobre diferentes espécies-presa.

| Espécie-presa | | Valor estimado \pm SE ¹ | Estatística de teste (Z) | Nível de significância (p) |
|----------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Bemisia tabaci</i> | a | 3,117 \pm 0,183 | 17,014 | <0,001 |
| | h | 0,009 \pm 0,001 | 8,218 | <0,001 |
| <i>Ephestia kuehniella</i> | a | 4,441 \pm 0,144 | 30,854 | <0,001 |
| | h | 0,006 \pm 0,000 | 49,648 | <0,001 |
| <i>Myzus persicae</i> | a | 3,095 \pm 0,176 | 17,551 | <0,001 |
| | h | 0,020 \pm 0,001 | 20,832 | <0,001 |
| <i>Tuta absoluta</i> | a | 5,907 \pm 0,211 | 28,038 | <0,001 |
| | h | 0,004 \pm 0,000 | 56,753 | <0,001 |

¹SE - Erro-padrão

O tempo de manipulação (h) é proporcional ao tamanho da presa (Ingegno, *et al.*, 2017). Isto, porque quanto maior for a presa, maior é o tempo que o predador tem de despender para a atacar, dominar e consumi-la. Deste modo, e de acordo com o tamanho das presas testadas, era esperado que a presa com maior tempo de manipulação fosse *M. persicae*, seguida de *B. tabaci*, *E. kuehniella* e *T. absoluta*, o que se confirmou pelos dados obtidos através do ajustamento à função de resposta funcional tipo II de Rogers (Quadro 5). Estes

valores são, também, justificados pelo facto de *M. persicae* ser, entre as espécies testadas, a única presa móvel, podendo fugir ou debater-se.

A taxa de ataque estimada (a) foi mais elevada para *T. absoluta*, seguida de *E. kuehniella*, *B. tabaci* e, por último, *M. persicae*.

O consumo máximo estimado (1/h) mais elevado ocorreu sobre *T. absoluta* e o mais baixo ocorreu sobre *M. persicae* (Quadro 6).

Quadro 7 - Consumo máximo estimado de *Dicyphus cerastii* para cada presa testada e seu respetivo estado de desenvolvimento.

| Espécie | Estado /instar | Consumo máximo estimado (indivíduos/dia) |
|----------------------------|----------------|--|
| <i>Bemisia tabaci</i> | N ₃ | 112,36 |
| <i>Ephestia kuehniella</i> | ovo | 163,93 |
| <i>Myzus persicae</i> | N ₁ | 50,76 |
| <i>Tuta absoluta</i> | ovo | 222,22 |

Estes resultados refletem a dimensão das presas e a influência desta na taxa de predação. Quanto mais tempo um predador despende na manipulação de uma presa, menos presas poderá consumir num dado intervalo de tempo.

Comparando os valores de consumo máximo estimados obtidos neste trabalho com estudos de outros autores com outras espécies de mirídeos (Quadro 1, capítulo 2.6), também foi possível verificar que *D. cerastii* apresentou um consumo máximo estimado mais elevado, sendo apenas menor quando comparado com *D. errans* sobre ovos de *T. absoluta* (Ingegno *et al.*, 2017). A diferença observada em relação a este estudo (236 vs 222) correspondeu apenas a mais 6%.

Embora não tenha feito parte deste trabalho avaliar predação sobre larvas de *T. absoluta*, foi também verificado que *D. cerastii* consegue furar as galerias destas larvas em folha de tomateiro e alimentar-se de larvas de primeiro instar (Fig. 19). Sabe-se que alguns mirídeos da subfamília Bryocorinae podem alimentar-se de larvas de *T. absoluta* como, por exemplo *M. pygmaeus* (Urbaneja, *et al.*, 2009)



Figura 19 - *Dicyphus cerastii* a preda larvas de *Tuta absoluta* (originais de Gonçalo Duarte).

Predadores com taxa de ataque elevada e tempo de manipulação baixo são melhores agentes de controlo (Fathipour & Maleknia, 2016). Estes valores traduzem-se num valor de consumo alto. Os resultados obtidos sugerem que *D. cerastii* poderá ser uma alternativa válida a *N. tenuis* como agente de controlo biológico a preda *T. absoluta*, pois, comparando com o inseto mais utilizado pelos produtores em Portugal, consumiu maior número de ovos. No entanto, seria ideal fazer ensaios em condições de campo.

Pode haver diferenças nos valores da taxa de predação da mesma espécie de predador para a mesma espécie-presa, que poderão ter origem nas diferentes condições de temperatura (Perdikis, *et al.*, 1999), humidade relativa e fotoperíodo (Perdikis, *et al.*, 2004) e, possivelmente, por preferência do predador por determinados estados de desenvolvimento da presa (Lykouressis, *et al.*, 2009).

Diferentes níveis de fome podem alterar a taxa de predação (Maselou, *et al.*, 2015). Neste trabalho, tal como na maioria dos ensaios feitos sobre este tema, os predadores não se alimentaram durante 24h. Seria ideal testar com diferentes níveis de fome, aumentando ou diminuindo o período sem alimento ou ainda até mesmo não o privar do mesmo.

Perdikis, *et al.* (1999) verificaram que as fêmeas e ninfas de quinto instar de *M. pygmaeus* são mais vorazes do que os machos; julga-se que isto possa acontecer porque estas têm de despende energia e nutrientes para a produção de ovos (Francisco, 2019). No presente estudo só se testaram fêmeas adultas. Seria interessante verificar se o tipo de resposta e as taxas de consumo por machos e ninfas de *D. cerastii* seguem o mesmo padrão.

No futuro, seria também interessante testar outras presas, importantes como pragas, como por exemplo, ácaros ou tripses, e avaliar também a influência de vários fatores na taxa de predação e na resposta funcional, como o estado de desenvolvimento do predador ou a

presença de presas alternativas, visto que este último fator é conhecido por transformar uma resposta de tipo II numa de tipo III (Holling, 1965).

5. Conclusão

As fêmeas de *D. cerastii* apresentaram resposta funcional, sendo de tipo II sobre todas as presas em estudo. Os consumos médios e máximos sobre as diferentes presas parecem ser mais elevados ou não muito diferentes do que os verificados para outros Bryocorinae.

Foi também possível observar a predação a larvas de primeiro instar de *T. absoluta* dentro e fora das galerias.

Este trabalho revela que *D. cerastii* poderá ser uma alternativa viável a *N. tenuis*, como agente de controlo biológico.

Esta dissertação complementa a informação que existe sobre esta espécie; no entanto, seria importante a realização de ensaios em ambiente de campo, bem como avaliar a influência dos vários fatores na resposta funcional e na taxa de predação, conforme mencionado na discussão.

6. Referências bibliográficas

Alford, D. V., 2019. *Beneficial Insects*. s.l.:CRC Press.

ANDEF, 2014. *Myzus persicae*. [Online]
Available at: <http://www.defesavegetal.net/myzupe>
[Acedido em Agosto 2019].

Arnó, J., Sorribas, R., Prat, M., Matas, M., Pozo, C., Rodríguez, D., Garreta, A., Gómez, A., Gabarra, R., 2009. *Tuta absoluta*, a new pest in IPM tomatoes in the northeast of Spain. *IOBC/WPRS Bulletin*, Volume 49, pp. 203-208. (cit in Backer *et al.*, 2014)

Backer, L. d., Megido, R. C., Haubruge, E. & Verheggen, F., 2014. *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) as an efficient predator of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Europe. A review. *Biotechnologie, Agronomie, Societe et Environnement*, 18(4), pp. 536-543.

Baños, H. L., Gil, T. R., Benitez, M. d. T. & Cabrera, I. M., 2016. Consumo y respuesta funcional de *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera: Miridae) frente a estadios inmaduros de *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista de Protección Vegetal*, 31(3), pp. 217-223.

Barnadas, I., Gabarra, R. & Albajes, R., 1998. Predatory capacity of two mirid bugs preying on *Bemisia tabaci*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 86(2), pp. 215-219.

Basu, A. N., 1995. *Bemisia Tabaci* (Gennadius): *Crop Pest And The Principal Whitefly Vector Of Plant Viruses*. s.l.:Westview Press.

Benhadi-Marín, J., Pereira, J. A., Sousa, J. P. & Santos, S. A. P., 2019. Functional responses of three guilds of spiders: Comparing single and multiprey approaches. *Annals of Applied Biology*, pp. 1-13.

Blaeser, P., Sengonca, C. & Zegula, T., 2004. The potential use of different predatory bug species in the biological control of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Pest Science*, 77(4), pp. 211-219.

Bueno, V. H.P., van Lenteren, J. C., Lins, J. C., Calixto, A. M., Montes, F. C., Silva, D. B., Santiago, L. D., Pérez, L. M., 2012. New records of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) predation by Brazilian Hemipteran predatory bugs. *Journal of Applied Entomology*, Volume 137, pp. 29-34.

CABI, 2018. *Ephestia kuehniella* (Mediterranean flour moth). [Online]
Available at: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/21412>
[Acedido em Agosto 2019].

CABI, 2018. *Myzus persicae* (green peach aphid). [Online]
Available at: <https://gd.eppo.int/taxon/MYZUPE>
[Acedido em Agosto 2019].

Carvalho, P. J. M. M. P. d., 1999. *Os Mirídeos e a Limitação Natural na Cultura Protegida do Tomateiro*. Lisboa: ISA.

Carvalho, P. & Mexia, A., 2000. First approach on the potential role of *Dicyphus cerastii* Wagner (Hemiptera: Miridae), as natural control agent in Portuguese greenhouses. *Bulletin OILB/SROP*, 23(1), pp. 261 - 264.

Cassis, G., 1984. *A Systematic Study of the Subfamily Dicyphinae (Heteroptera: Miridae)*. s.l.:Oregon State University.

Cassis, G. & Schuh, R., 2012. Systematics, Biodiversity, Biogeography, and Host Associations of the Miridae (Insecta: Hemiptera: Heteroptera: Cimicomorpha). *Annual Review of Entomology*, 57(1), pp. 377-404.

Castañé, C., Arnó, J., Gabarra, R. & Alomar, O., 2011. Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators. *Biological Control*, 59(1), pp. 22-29.

Cobben, K. H., 1968. *Evolutionary trends in Heteroptera. Part I. Eggs, architecture of the shell, gross embryology and eclosion*. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation.

COTHN, 2011. *Afídeos*. [Online]

Available at: <https://infoagro.cothn.pt/portal/index.php?id=2022>

[Acedido em Agosto 2019].

De Clercq, P., Mohaghegh, J. & Tirry, L., 2000. Effect of host plant on the functional response of the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Biological Control*, 18(1), pp. 65-70.

de Jong, Y., Verbeek, M., Michelsen, V., Bjørn, P., Los, W., Steeman, F., Bailly, N., Basire, C., Chylarecki, P., Stloukal, E., Hagedorn, G., Wetzel, F., Glöckler, F., Kroupa, A., Korb, G., Hoffmann, A., Häuser, C., Kohlbecker, A., Müller, A., Güntsch, A., Stoev, P., Penev, L., 2014. *Fauna Europaea - all European animal species on the web*. [Online]

Available at: https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/e3a1fa85-124c-4e92-a838-839c7b89d2c4

[Acedido em 2019].

Delgado, A. M., 2008. La polilla del tomate "*Tuta absoluta*" en la Región de Murcia: bases para su control.. *Consejería de Agricultura y Agua*, p. 74.

Denno, R. F., Mitter, M. S., Langellotto, G. A., Gratton, C., Finke, D. L., 2004. Interactions between a hunting spider and a web-builder: consequences of intraguild predation and cannibalism for prey suppression. *Ecological Entomology*, Volume 29, p. 566–577.

DGADR, 2009. *Traça-do-Tomateiro (Tuta absoluta) Uma nova praga em Portugal*. [Online]

Available at: [http://geo.drapn.min-agricultura.pt/agri/archivos/folletos/1430298285_Traca-do-tomateiro%20\(tuta%20absoluta9%20\(4\).pdf](http://geo.drapn.min-agricultura.pt/agri/archivos/folletos/1430298285_Traca-do-tomateiro%20(tuta%20absoluta9%20(4).pdf)

[Acedido em 2 08 2019].

Duarte, J. P. S. M., 2016. *Evolução das populações de Dicyphus umbertae e Nesidiocoris tenuis (Hemiptera : Miridae) na cultura protegida de tomate na região Oeste*. s.l.:ISA.

Enkegaard, A., Brødsgaard, H. F. & Hansen, D. L., 2001. *Macrolophus caliginosus*: Functional response to whiteflies and preference and switching capacity between whiteflies and spider mites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 101(1), pp. 81-88.

EPPO, 2005. Data sheets on quarantine pests - *Tuta absoluta*. *OEPP/EPPO Bulletin*, Volume 35, p. 434–435.

Fantinou, A. A., Perdakis, D., Maselou, D. & Lambropoulos, P., 2008. Prey killing without consumption: Does *Macrolophus pygmaeus* show adaptive foraging behaviour?. *Biological Control*, 47(2), pp. 187-193.

- Fathipour, Y. & Maleknia, B., 2016. Mite Predators. Em: *Ecofriendly Pest Management for Food Security*. s.l.:s.n., pp. 329-366.
- Figueiredo, E., Payer, R., Mexia, A. & Rodrigues, S., 2010. Situación actual de *Tuta absoluta* en Portugal. *Phytoma*, Volume 217, pp. 118-119.
- Figueiredo, E., Prieto, R., Mexia, A., Rodrigues, S., Costa, C. A., Godinho, M. C., 2012. *Mirid bugs as biological control agents in protected tomato crops in the oeste region*. s.l., N. Castilla, pp. 253-258.
- Foglar, H., Malausa, J. C. & Wajnberg, E., 1990. The functional response and preference of *Macrolophus caliginosus* [Heteroptera: Miridae] for two of its prey: *Myzus persicae* and *Tetranychus urticae*. *Entomophaga*, 35(3), pp. 465-474.
- Footitt, R. G. & Adler, P. H., 2009. *Insect Biodiversity: Science and Society*. s.l.:John Wiley & Sons.
- Francisco, L. M. H. F. d. S., 2019. *O predador Dicyphus cerastii (Hemiptera: Miridae): estudo de comportamento e preferências alimentares*. s.l.:ISA.
- Gangwar, R. K. & Gangwar, C., 2018. Lifecycle, Distribution, Nature of Damage and Economic Importance of Whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Acta Scientific Agriculture*, 2(4), pp. 36-39.
- Garcia-Marí, F. & Vercher, R., 2010. Descripción, origen y expansión de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Phytoma*, Volume 217, pp. 16-20.
- Gollner-Scheiding, U., 1972A. *Beiträge zur Heteropteren-Fauna Brandenburgs. 2. Übersicht über die Heteropteren von Brandenburg*., Potsdam: Bizirksheimat Mus..
- Gotoh, T., Nozawa, M. & Yamaguchi, K., 2004. Prey consumption and functional response of three acarophagous species to eggs of the two-spotted spider mite in the laboratory. *Applied Entomology and Zoology*, 39(1), pp. 97-105.
- Goula, M. & Alomar, O., 1994. Míridos (Heteroptera Miridae) de interés en el control integrado de plagas en el tomate. Guía para su identificación. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, Volume 20, pp. 131-143.
- Hagstrum, D. & Subramanyam, B., 2009. *Stored-Product Insect Resource*. s.l.:s.n.
- Hassell, M. P., Lawton, J. H. & Beddington, J. R., 1977. Sigmoid Functional Responses by Invertebrate Predators and Parasitoids. *The Journal of Animal Ecology*, 46(1), pp. 249-262.
- Hemerik, L. & Yano, E., 2011. Scaling up from individual behaviour of *Orius sauteri* foraging on *Thrips palmi* to its daily functional response. *Population Ecology*, 53(4), pp. 563-572.
- Holling, C. S., 1959a. The Components of Predation as Revealed by a Study of Small Mammal Predation of the European Pine Sawfly. *The Canadian Entomologist*, 91(5), pp. 234-261.
- Holling, C. S., 1959b. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist*, Volume 91, p. 385-398.
- Holling, C. S., 1965. The Functional Response of Predators to Prey Density and its Role in Mimicry and Population Regulation. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 97(S45), pp. 5-60.
- Holling, C. S., 1966. The Functional Response of Invertebrate Predators to Prey Density. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 98(S48), pp. 5-86.
- INE, 2015. Estadísticas Agrícolas 2014. *Instituto Nacional de Estadística*.

INE, 2019. Estatísticas Agrícolas 2018. *Instituto Nacional de Estatística*.

Ingegno, B.L., Bodino, N., Leman, A., Messelink, G.J., Tavella, L., 2017. Predatory efficacy of *Dicyphus errans* on different prey. *Acta Horticulturae*, pp. 425-430.

Ingegno, B.L., Ferracini, C., Gallinotti, D., Alma, A., Tavella, L., 2013. Evaluation of the effectiveness of *Dicyphus errans* (Wolff) as predator of *Tuta absoluta* (Meyrick). *Biological Control*, 67(2), pp. 246-252.

Ingegno, B.L., Messelink, G.J., Bodino, N., Iliadou, A., Driss, L., Woelke, J. B., Leman, A., Tavella, L., 2019. Functional response of the mirid predators *Dicyphus bolivari* and *Dicyphus errans* and their efficacy as biological control agents of *Tuta absoluta* on tomato. *Journal of Pest Science*.

Jacob, T. A. & Cox, P. D., 1977. The Influence Of Temperature And Humidity On The Life-cycle Of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, Volume 13, pp. 107-118.

Jeschke, J. M., Kopp, M. & Tollrian, R., 2002. Predator Functional Responses: Discriminating between Handling and Digesting Prey. *Ecological Monographs*, 72(1), pp. 95-112.

Juliano, S. A., 2001. Nonlinear Curve - Fitting Predation and Functional Response Curves. Em: *Design and Analysis of Ecological Experiments*. s.l.:Oxford University Press, pp. 178-196.

Konstantinov, F. V., Namyatova, A. A. & Cassis, G., 2018. A synopsis of the bryocorine tribes (Heteroptera : Miridae : Bryocorinae): key, diagnoses, hosts and distributional patterns. *Invertebrate Systematics*, 32(4), p. 866.

Krivan, V., 2008. Prey - Predator Models.

Lampropoulos, P. D., Perdikis, D. C. & Fantinou, A. A., 2013. Are multiple predator effects directed by prey availability?. *Basic and Applied Ecology*, 14(7), pp. 605-613.

Lester, P. J. & Harmsen, R., 2002. Functional and numerical responses do not always indicate the most effective predator for biological control: An analysis of two predators in a two-prey system. *Journal of Applied Ecology*, 39(3), pp. 455-468.

Lopes, A., 2002. Whiteflies on tomato crops in Portugal. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, Volume 32, p. 7-10.

López, S. N., Muñoz, A. O., Andorno, A. V., Cuello, E. M., Cagnotti, C. L. , 2019. Predatory capacity of *Tupiocoris cucurbitaceus* (Hemiptera Miridae) on several pests of tomato. *Bulletin of Insectology*, 72(2), pp. 201-205.

Lykouressis, D. P., Perdikis, D. C. & Konstantinou, A. D., 2009. Predation rates of *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) on different densities of eggs and nymphal instars of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Entomologia Generalis*, 32(2), pp. 105-112.

Martins, J., Silva, E. B. & Figueiredo, E., 2016. *Mirídeos como agentes de proteção biológica em culturas protegidas – Dicyphus umbertae um auxiliar promissor?*. Faro, Associação Portuguesa de Horticultura (APH).

- Maselou, D., Perdikis, D. & Fantinou, A., 2015. Effect of hunger level on prey consumption and functional response of the predator *Macrolophus pygmaeus*. *Bulletin of Insectology*, 68(2), pp. 211-218.
- Mateus, C., Amaro, F., Louro, D. & Mexia, A., 2008. Presença e Impacto de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) em Culturas Hortícolas em Portugal. *Revista de Ciências Agrárias*, pp. 163-172.
- Matos, T. M. F. L. G. d., 2011. *Evolução das populações de Tuta absoluta (Meyrick) e meios de protecção em ambiente empresarial vocacionado para exportação*. Lisboa: ISA.
- Messelink, G. J., Bloemhard, C. M. J., Hoogerbrugge, H., van Schelt, J., Ingegno, B. L., Tavella, L., 2015. Evaluation of mirid predatory bugs and release strategy for aphid control in sweet pepper. *Journal of Applied Entomology*, 139(5), pp. 333-341.
- Michaelides, G., Sfenthourakis, S., Pitsillou, M. & Seraphides, N., 2018. Functional response and multiple predator effects of two generalist predators preying on *Tuta absoluta* eggs. *Pest Management Science*.
- Mohaghegh, J., De Clercq, P. & Tirry, L., 2001. Functional response of the predators *Podisus maculiventris* (Say) and *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae) to the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lep., Noctuidae): Effect of temperature. *Journal of Applied Entomology*, Volume 125, pp. 131-134.
- Mollá, O., Biondi, A., Alonso-Valiente, M. & Urbaneja, A., 2014. A comparative life history study of two mirid bugs preying on *Tuta absoluta* and *Ephestia kuehniella* eggs on tomato crops: implications for biological control. *BioControl*, Volume 59, p. 175–183.
- Montserrat, M., Albajes, R. & Castañe, C., 2000. Functional Response of Four Heteropteran Predators Preying on Greenhouse Whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and Western Flower Thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Entomological Society of America*, 29(5), pp. 1075-1082.
- Parlamento Europeu, 2019. *Pesticidas na alimentação: como o PE atua face aos perigos na nossa comida?*. [Online]
Available at:
<https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20190117STO23722/pesticidas-na-alimentacao-como-o-pe-atua-face-aos-perigos-na-nossa-comida>
- Peña, J. E., 2013. Plant Hosts and Damage. Em: *Potential Invasive Pests of Agricultural Crops*. s.l.:CABI, p. 102.
- Perdikis, D. C. H., Lykouressis, D. P. & Economou, L. P., 2004. Influence of Light-Dark Phase, Host Plant, Temperature, and Their Interactions on the Predation Rate in an Insect Predator. *Environmental Entomology*, 33(5), pp. 1137-1144.
- Perdikis, D. C., Lykouressis, D. P. & Economou, L. P., 1999. The influence of temperature, photoperiod and plant type on the predation rate of *Macrolophus pygmaeus* on *Myzus persicae*. *BioControl*, Volume 44, pp. 281-289.
- Pritchard, D. W., Paterson, R. A., Bovy, H. C. & Barrios-O'Neill, D., 2017. Frair: an R package for fitting and comparing consumer functional responses. *Methods in Ecology and Evolution*, Volume 8, pp. 1528-1534.

- Provencher, L. & C. D., 1987. Functional Responses and Switching of *Tetragnatha laboriosa* Hentz (Araneae: Tetragnathidae) and *Clubiona pikei* Gertsch (Araneae: Clubionidae) for the Aphids *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) and *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 16(6), pp. 1305-1309.
- Queiroz, O. S., Ramos, R. S., Gontijo, L. M. & Picanço, M. C., 2015. Functional Response of Three Species of Predatory Pirate Bugs Attacking Eggs of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environmental Entomology*.
- Ramos, N. & Soares, C., 2013. *Ficha de Divulgação n.º 05 /2013*, s.l.: Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve.
- Rogers, D., 1972. Random Search and Insect Population Models. *Journal of Animal Ecology*, 41(2), pp. 369-383.
- Rosenbaum, B. & Rall, B. C., 2018. Fitting functional responses: Direct parameter estimation by simulating differential equations. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(10), pp. 2076-2090.
- Sanchez, J. A. & Cassis, G., 2018. Towards solving the taxonomic impasse of the biocontrol plant bug subgenus *Dicyphus* (Dicyphus) (Insecta: Heteroptera: Miridae) using molecular, morphometric and morphological partitions. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 184(2), pp. 330-406.
- Sanchez, J. A., Lacasa, A., Arnó, J., Castañé, C., Alomar, O., 2009. Life history parameters for *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Het., Miridae) under different temperature regimes. *Journal of Applied Entomology*, 133(2), pp. 125-132.
- Sanchez, J. A., Martinez-Cascales, J. I. & Cassis, G., 2006. Description of a new species of *Dicyphus* Fieber (Insecta: Heteroptera: Miridae) from Portugal based on morphological and molecular data. *Insect Systematics and Evolution*, 37(3), pp. 281-300.
- Schuh, R., 2013. *On-line Systematic Catalog of Plant Bugs (Insecta: Heteroptera: Miridae)*. [Online] Available at: <http://research.amnh.org/pbi/catalog/>
- Sharifian, I., Sabahi, Q. & Khoshabi, J., 2015. Functional response of *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) and *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) feeding on two different prey species. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, Volume 48, pp. 910-920.
- Silva, A. C. P. P. d., 1996. *Os Mirídeos na Cultura do Tomate em Estufa, na Região do Oeste*. Lisboa: ISA.
- Smit, J., 2015. *Lifetime predation and prey selection by the mirid predator Macrolophus basicornis, feeding on Tuta absoluta and Bemisia tabaci*. s.l.: Wageningen University. (cit in van Lenteren et al., 2018)
- Solomon, M. E., 1949. The Natural Control of Animal Populations. *Journal of Animal Ecology*, 18(1), pp. 1-35.
- Storberget, S., 2014. *Catching the European tarnished plant bug, Lygus rugulipennis (Hemiptera: Miridae), using baited funnel traps*. s.l.: Norwegian University of Life Sciences.
- Streams, F. A., 1994. Effect of prey size on attack components of the functional response by *Notonecta undulata*. *Oecologia*, 98(1), pp. 57-63.

- Tavares, J., Ribeiro, F. & Oliveira, L., 2012. Produção em Massa de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep., Pyralidae). I. Selecção da Produção em Massa e Complemento Alimentar da Dieta Com Aditivos Minerais. *Açoreana*, 10(3), pp. 435-449.
- Tavares, J. & Vieira, V., 1992. Produção Em Massa De *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.,Pyralidae). IV - Técnicas De Recolha Dos Adultos e Ovos.. *Açoreana*, 7(3), pp. 461-470.
- Trexler, J. C., McCulloch, C. E. & Travis, J., 1988. How can the functional reponse best be determined?. *Oecologia*, 76(2), pp. 206-214.
- Urbaneja, A., Desneux, N., Gabarra, R., Arnó, J., González-Cabrera, J., Mafra-Neto, A., Stoltman, L., Pinto, A., Parra, J. R. P., 2013. Biology, Ecology and Management of the South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta*. Em: *Potential Invasive Pests of Agricultural Crops*. s.l.:CAB International.
- Urbaneja, A., Montón, H. & Mollá, O., 2009. Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *Journal of Applied Entomology*, 133(4), pp. 292-296.
- van Lenteren, J. C. & Bakker, K., 1976. Functional responses in invertebrates. *Netherlands Journal of Zoology*, 4(26), pp. 567-572.
- van Lenteren, J. C., Bueno, V. H. P., Montes, F. C., Hemerik, L., De Jong, P. W., 2018. Adult lifetime predation of *Tuta absoluta* eggs by three Neotropical mirid predators on tomato. *Bulletin of Insectology*, 71(2), pp. 179-188.
- van Lenteren, J. C., Bueno, V.H.P., Smit, J., Soares, M. A., Calixto, A.M., Montes, F. C., De Jong, P., 2017. Predation of *Tuta absoluta* eggs during the nymphal stages of three neotropical mirid predators on tomato. *Bulletin of Insectology*, 70(1), pp. 69-74.
- van Lenteren, J. C., Hemerik, L., Lins, J. C. & Bueno, V. H. P., 2016. Functional Responses of three neotropical mirid predators to eggs of *Tuta absoluta* on tomato. *Insects*, 7(34), pp. 1-10.
- Wheeler Jr, A. G. & Henry, T. J., 2008. Plant Bugs (Hemiptera: Miridae). Em: *The Encyclopedia of Entomology*. 2 ed. s.l.:Springer, Dordrecht.
- Wheeler, A. G., 2001. *Biology of the plant bugs (Hemiptera: Miridae): pests, predators, opportunists*. s.l.:Cornell University Press.
- Willmer, P. G., 1982. Microclimate and the Environmental Physiology of Insects. *Advances in Insect Physiology*, p. 1-57.
- Xu, J., 2010. *Reproductive Behaviour of Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). s.l.:s.n.